

**LAPORAN TUGAS AKHIR**  
**OPTIMASI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR (PLTA)**  
**PADA WADUK KEDUNGOMBO**

untuk memenuhi sebagian persyaratan  
mencapai derajat Sarjana S-1 Teknik Sipil



diajukan oleh :  
**DIAH AYU PURNAMASARI**  
**NIM : D 100 140 295**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**  
**2017**

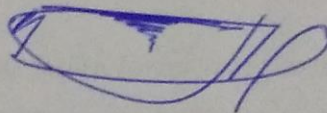
LEMBAR PENGESAHAN

OPTIMASI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR (PLTA) PADA  
WADUK KEDUNGOMBO

DIAH AYU PURNAMSARI

NIM : D 100 140 295

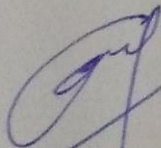
Susunan Dewan Penguji  
Pembimbing Utama



Kuswartomo, S.T., M.T.

NIK. 651

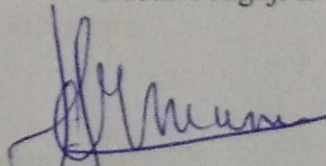
Dosen Penguji I



Gurawan Djati Wibowo, S.T., M.Eng.

NIK. 782

Dosen Penguji II



Ir. Hermono S. Budinetrio, M.Eng.

NIK.

Tugas Akhir ini diterima salah satunya persyaratan  
untuk mencapai derajat S-1 Teknik Sipil

Surakarta, 9 Desember 2017

Dekan Fakultas Teknik



Ir. H. Sunardi, M.T., PhD.

NIK. 682

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Mochamad Solikin, S.T., M.T., PhD.

NIK. 792

## MOTTO

مَنْ خَرَجَ فِي طَلَبِ الْعِلْمِ كَانَ فِي سَبِيلِ اللَّهِ حَتَّى يَرْجِعَ

*"Artinya :Barang siapa yang keluar dalam menuntut ilmu maka ia adalah seperti berperang di jalan Allah hinggang pulang."*

*(H.R.Tirmidzi)*

يَا أَيُّهَا الَّذِينَ آمَنُوا اسْتَعِينُوا بِالصَّبْرِ وَالصَّلَاةِ إِنَّ اللَّهَ مَعَ الصَّابِرِينَ

*"Hai orang-orang yang beriman, Jadikanlah sabar dan shalatmu Sebagai penolongmu, sesungguhnya Allah beserta orang-orang yang sabar."*

*(Al-Baqarah: 153)*

*"Banyak kegagalan hidup terjadi karena orang-orang tidak menyadari Betapa dekatnya kesuksesan ketika mereka menyerah."*

*(Thomas Alfa Edison)*

*"Kemenangan yang seindah-indahnya dan sesukar-sukarnya yang boleh direbut oleh manusia ialah menundukan diri sendiri."*

*(Ibu Kartini )*

*"Dengan ilmu kita menuju kemuliaan."*

*(Ki Hadjar Dewantara)*

*"Sukses adalah milik pembelajar yang tak kenal lelah. Karena ketika kamu tahu lebih banyak, kamu bisa mencapai lebih banyak."*

*(Robin Sharma)*

*"Pendidikan merupakan perlengkapan paling baik untuk hari tua."*

*(Aristoteles)*

*"Learn from yesterday, Live for today, And hope for tomorrow."*

*(Albert Einstein)*

## **PERSEMBAHAN**

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dengan rahmat Allah yang maha pengasih lagi maha penyayanga. Dengan ini saya persembahkan tugas akhir ini untuk

1. Allah SWT yang telah memberikan hidayah, rezeki dan kemudahan dalam menuntut ilmu
2. Nabi Muhammad SAW sursaulat untuk umat manusia
3. Kedua orangtuaku tercinta, bapak Erli Koswandi dan ibu Salbiah yang tak pernah lelah membimbingku dan selalu berdoa untukku. Terima kasih atas limpahan kasih sayang yang tak terhingga dan selalu memberikan yang terbaik
4. Adik tersayang Raden Welly Fernando, Saudara tersayang Firas Sabila Nurdini dan Maya Mutiara Putri yang selalu memberikan semangat serta dukungan disaat suka dan duka
5. Laboratorium Teknik Sipil yang telah memberiku kesempatan untuk mengembangkan kemampuan ketekniksipilan
6. KMTS (Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil), saya selalu menjadi bagianmu dan keluargamu
7. Sahabat-sahabat tercinta Zufah, Ika, Pondra, Kemal, Nita, Ultha, Kiki, Ais, Sholi, rekan asisten laboratorium, serta seluruh teman-teman yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Terimakasih atas gelak tawa dan solidaritas yang luar biasa sehingga membuat hari-hari semasa kuliah lebih berarti.

Semoga Allah SWT membalas jasa budi dikemudian hari dan memberikan kemudahan dalam segala hal, aminn.

## **PRAKATA**

*Assalamu'alaikum Wr. Wb.*

Alhamdulillah, segala puji syukur dipanjatkan kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, taufik dan hidayah-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan dan menyusun laporan Tugas Akhir berupa penelitian laboratorium yang berjudul “Optimasi Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Pada Waduk Kedungombo.”

Tugas Akhir ini disusun guna melengkapi persyaratan untuk menyelesaikan program studi S-1 pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta. Bersama ini penyusun mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Kemudian dengan selesainya Tugas Akhir ini penyusun mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. Sri Sunarjono, MT., PhD. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
2. Bapak Dr. Mochamad Solikin, selaku Kepala Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
3. Bapak Gurawan Djati Wibowo, ST., M.Eng. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
4. Bapak Kuswartomo, S.T., M.T. selaku Pembimbing Utama sekaligus sebagai Anggota Dewan Penguji Tugas Akhir yang telah memberikan dorongan, arahan serta bimbingan dan nasehatnya.
5. Bapak Gurawan Djati Wibowo, ST., M.Eng. dan Ir. Hermono S. Budinetro, M.Eng. selaku sebagai Anggota Dewan Penguji Tugas Akhir yang telah memberikan dorongan, arahan serta bimbingan dan nasehatnya.
6. Ibu Purwanti SP, S.T., MSc., cd. PhD. selaku dosen pembimbing akademik.
7. Bapak-bapak dan ibu-ibu dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta terimakasih atas bimbingan dan ilmu yang telah diberikan.

8. Bapak Ir. H. A. Karim Fatchan, MT. Selaku Kepala Laboratorium Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta.
9. Teman-teman Teknik Sipil angkatan 2013 dan 2014 yang telah membantu dukungan selama penyelesaian tugas akhir ini.
10. Pihak-pihak lain yang tidak bisa peneliti sebutkan satu-persatu.

Peneliti menyadari bahwa Laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, maka dengan segala kerendahan, kritik dan saran yang membangun sangat penyusun harapkan guna penyempurnaan laporan di masa yang akan datang dan semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Aamiin.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Surakarta, 2017

Penyusun

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
MOTTO .....	iii
PERSEMBAHAN .....	iv
PRAKATA .....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR GRAFIK .....	x
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xii
DAFTAR NOTASI .....	xiii
ABSTRAKSI .....	xiv
I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah .....	2
C. Tujuan Penelitian .....	2
D. Batasan Masalah .....	2
E. Manfaat Penelitian .....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	
A. Penelitian Sejenis Sebelumnya .....	4
III. LANDASAN TEORI	
A. Waduk .....	7
B. Turbin .....	7
C. Teknik Optimasi .....	10
D. Simulasi Pengoperasian Waduk .....	12
E. Evaporasi .....	13
F. Listrik Tenaga Air .....	14
BAB IV. METODE PENELITIAN	
A. Pengumpulan Data .....	16

B. Tahapan Analisis .....	17
C. Perumusan Model Program Non Linier .....	18
BAB V. PEMBAHASAN	
A. Data Masukan.....	21
B. Optimasi Program Non Linier.....	26
BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN	
A. Kesimpulan.....	33
B. Saran.....	33
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	



## DAFTAR GAMBAR

Gambar III.1. Turbin Pelton.....	8
Gambar III.2. Turbin Francis .....	9
Gambar III.3. Turbin Kaplan .....	10
Gambar IV.1. Bagan Alir Penelitian .....	18
Gambar IV.2. Bagan Alir Optimasi Program Non Linier dan Simulasi .....	20

## DAFTAR GRAFIK

Grafik V.1 Grafik antara volume dan elevasi .....	23
Grafik V.2 Grafik antara elevasi dan luas genangan.....	24
Grafik V.3 Grafik antara elevasi dan volume .....	25
Grafik V. 4 Data eksisiting debit inflow dan outflow Waduk Kedungombo tahun 2005-2006 .....	26
Grafik V. 5 Data optimasi debit inflow dan outflow Waduk Kedungombo tahun 2005-2006 .....	27

## DAFTAR TABEL

Tabel III.1. Tekanan uap jenuh ( $e_a$ ).....	13
Tabel III.2. Nilai koefisien hazen william .....	15
Tabel V.1. Hasil perhitungan evaporasi.....	22
Tabel V.2. Data Kapasitas Tampung Waduk tahun 2012 .....	22
Tabel V.3 Data volume dan elevasi tahun 2012 .....	23
Tabel V.4 Data elevasi dan luas genangan tahun 2012.....	24
Tabel V.5 Data elevasi dan volume tahun 2012 .....	25
Tabel V.6 Optimasi menggunakan program non linier.....	30

## **DAFTAR LAMPIRAN**

### **LAMPIRAN 1**

Lembar Konsultasi Laporan Tugas Akhir

### **LAMPIRAN 2**

Tabel Data *Inflow* dan *Outflow* Waduk Kedungombo

### **LAMPIRAN 3**

Tabel Data Klimatologi

### **LAMPIRAN 4**

Tabel Perbandingan Optimasi Maksimum dengan Elevasi berbeda

### **LAMPIRAN 5**

Tabel dan Grafik Perbandingan Produksi Listrik Eksisting dengan Optimasi Maksimum

### **LAMPIRAN 6**

Tabel dan Grafik Perbandingan *Outflow* Eksisting dan Optimasi

## DAFTAR NOTASI

$Z$	= Fungsi Tujuan
$C_j$	= Koefisien fungsi tujuan variable ke- $j$
$X_j$	= Variabel keputusan ke- $j$
$A_{i,j}$	= Koefisien fungsi kendala untuk kendala ke- $I$ variable ke- $j$
$B_m$	= Nilai ruas kanan dari persamaan kendala ke- $m$ yang menunjukkan nilai syarat kendala tersebut
$i$	= 1,2,... $m$ (indeks untuk jumlah variable kendala)
$j$	= 1,2..... $n$ (indeks untuk jumlah variable putusan)
$I$	= Aliran masuk ke waduk/ <i>Inflow</i> ( $m^3/dt$ )
$O$	= Aliran keluar dari waduk / <i>Outflow</i> ( $m^3/dt$ )
$\Delta S$	= Perubahan tanpungan terhadap waktu
$E_o$	= Evaporasi (mm/hari)
$U$	= Kecepatan angin (m/dt)
$e_a$	= Tekanan uap jenuh (mm.Hg)
$e_d$	= Tekanan uap actual (mm.Hg)
$R_h$	= Kelembaban
$^{\circ}C$	= Suhu
$P_t$	= Daya yang dihasilkan turbin (kW)
$Q$	= Debit air ( $m^3/dt$ )
$\rho$	= Massa jenis air ( $kg/m^3$ )
$H_{eff}$	= Tinggi efektif
$H$	= Tinggi air dari posisi turbin (m)
$H_f$	= Kehilangan energi total
$\eta$	= Efisiensi turbin dan generator (%)

## **OPTIMASI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR (PLTA) PADA WADUK KEDUNGOMBO**

### **Abstraksi**

Pertumbuhan infrastruktur dan ekonomi memberikan dampak yang cukup besar terhadap kebutuhan energi. Prakiraan kebutuhan tenaga listrik Indonesia pada tahun 2025 diperkirakan akan meningkat sebesar 8,4% per tahun (ESDM, 2016). Pembangkit listrik yang digunakan, sebagian besar masih menggunakan pembangkit listrik yang berbahan bakar fosil, seperti minyak bumi, gas alam dan batubara. Indonesia memiliki potensi energi terbarukan yang salah satunya adalah PLTA. Waduk Kedungombo yang terletak di Desa Rambat, Kecamatan Geyer, Kabupaten Grobogan yang di batas wilayah antara Kabupaten Sragen dan Kabupaten Boyolali. Waduk kedungombo merupakan multi waduk yaitu irigasi, PLTA dan kebutuhan air baku. Untuk meningkatkan produksi energi listrik perlu adaya optimasi waduk. Dalam penelitian digunakan optimasi menggunakan program non linier dan penyelesaian formulasi menggunakan solver pada Microsoft excel, dengan memanfaatkan kapasitas waduk dan debit *inflow*. Berdasarkan penelitian yang dilakukan menunjukkan kemampuan waduk dapat dimaksimalkan untuk memenuhi kebutuhan air PLTA. Pada kondisi eksisting daya listrik yang dihasilkan sebesar 1.253.410,40 kW dan daya listrik setelah optimasi sebesar 1.514.572,63 kW yang mengalami peningkatan sebesar 20,8%.

**Kata Kunci:** Optimasi, PLTA, Program non linier

## **OPTIMIZATION OF HYDROELECTRIC POWER PLANT OF KEDUNGOMBO RESERVOIR**

### ***Abstract***

*Infrastructure and economic growth gave substantial impact on energy demand. In 2025, energy demand of Indonesia is forecasted to increase 8.4% per year (ESDM, 2016). Most of power plant in Indonesia do not use renewable energy or fossil-fuel, such as petroleum, natural gas and coal. Indonesia has a lot of renewable energy, one of which is hydroelectric power. Kedungombo Reservoir on Rambat Village, Geyer Sub-district, Grobogan District which is between Boyolali and Sragen District. The reservoir is multi-purpose reservoir, irrigation, hydropower, and drinking water. The research will do optimization of hydropower in Kedungombo Reservoir by Non-linear Programming. Formulas is completed with solver in Microsoft excel, make use of reservoir capacity and inflow. The result showed that the hydropower currently generate 1.253.410,40 kW. The hydropower generates 1.514.572,63 kW after optimization or 20,8%.*

**Keywords:** *optimization, hydropower, non linier programming*